

発明の名称

研削砥石

発明の背景

1. 発明の分野

本発明は、アルミダイキャスト合金や鋳鉄などの機械部品を加工する際に用いられるカップ状の研削砥石や、半導体ウエハのCMP加工の際に研磨パッドのドレッシングに用いられるカップ状の研削砥石に関する。

2. 従来技術の説明

アルミダイキャスト合金や鋳鉄などの加工においては、ダイヤモンド工具が多く使用されている。このような加工においては、高い加工能率とスクラッチの少ない良好な加工面粗さが要求される。

高い加工能率を実現するために製作されたフライス工具の一例が、特開2001-79772号公報に記載されている。

特開2001-79772号公報に記載のフライス工具は、カップ状の台金の端面とその外周部にダイヤモンド砥粒をろう付けして刃先部としての砥粒層を構成したフライス工具であって、台金の端面の外周部寄りの部分に傾斜部または曲面部を形成し、台金の外周部と台金の端面の傾斜部または曲面部を粗研削用領域として粗研削に適した条件で砥粒を配設し、台金の端面の平坦部を研削用領域として研削に適した条件で砥粒を配設したフライス工具である。このフライス工具によると、砥粒層を粗研削用領域と研削用領域に分け、それぞれに適した条件で砥粒を配設したことにより、一つの工具で粗研削と研削の両方の加工を同時に行うことができるため、加工能率を向上することができる。

一方、CMP加工用ドレッサとしては、ダイヤモンド砥粒を母材に固着したドレッサが多く使用されている。このドレッサにおいては、良好な切れ味と砥粒の欠けや脱落に起因するウエハのスクラッチの発生の少ないことが要求される。

良好な切れ味を有し、かつ砥粒の欠けや脱落の少ないCMP加工用ドレッサの例が、特開2002-273657号公報や特開2002-126997号公報に記載されている。

特開2002-273657号公報に記載のCMP加工用ドレッサは、母材の表面に砥粒をろう付けにより固着し、これらの砥粒の特定の結晶面を特定の方向に揃えて配設したCMP加工用ドレッサである。このCMP加工用ドレッサによると、砥粒をろう付けにより固着したことによって、良好な切れ味が得られ、砥粒の相互の結晶面の向きを揃えることによって、ドレッシング時における砥粒の欠けの発生が防止される。

また特開2002-126997号公報に記載のCMP加工用ドレッサは、母材の表面に砥粒をろう付けにより固着し、このろう材層の表面に特定範囲の熱膨張係数のガラスを主成分とするコーティング層を施したCMP加工用ドレッサである。このCMP加工用ドレッサによると、良好な切れ味が得られるとともに、 CMP加工用研磨剤によるろう材層および母材金属の侵食がなくなり、砥粒の脱落が防止される。

上記の特開2001-79772号公報に記載のフライス工具および特開2002-273657号公報に記載のCMP加工用ドレッサは、研削性能は良好であるが、砥粒の脱落の点では問題を有している。研削加工時に砥粒が脱落すると、脱落した砥粒が引きずられるように被研削材の面上を移動し、その結果、大きなスクラッチが発生する。砥粒の脱落によるスクラッチの発生時期を予測することは難しく、スクラッチの発生を防止するためには、研削砥石を早めに取り替えては難しい。その結果、砥石寿命が短くなり、研削砥石のコストが高くなってしまう。

本発明者らは、カップ状台金の端面に砥粒をろう付けにより固着した研削砥石における研削加工中の砥粒の脱落現象について鋭意検討した結果、砥粒の脱落は、台金端面の最外周領域と最内周領域、すなわちコーナーの近傍で発生しやすいとすることを確認した。台金端面の外周側コーナーの近傍に配設された砥粒は、台金端面外周側に形成されるろう材層は裾野の短いかたちとなって、ろう材による十分な砥粒の保持力が得られずに、加工中に脱落しやすくなる。同様に台金端面の内周側コーナーの近傍に配設された砥粒も、台金端面内周側のろう材による砥粒の保持力が不十分となって脱落しやすくなる。

従来のカップ状の研削砥石においては、台金端面の最外周領域と最内周領域に

とくに注目した砥粒脱落防止策を講じることはなく、砥粒層全体における砥粒脱落防止のみに主眼がおかれていたので、砥粒の脱落を確実に防止することは困難であった。

一方、特開2002-126997号公報に記載のCMP加工用ドレッサは、砥粒の脱落を防止する点では有効な手段であるが、ろう材層の表面にさらにコーティング層を施すことにより、その分だけ砥粒の突出高さが低くなつて切れ味が低下することになり、また砥粒と砥粒の間のチップポケットが小さくなつて、切粉の排出能力がその分だけ低下する、という問題がある。

本発明は、このような問題点を解決するためになされたもので、砥粒の脱落に起因するスクラッチの発生を防止して、良好な加工面を確保することができる研削砥石を提供することを目的とする。

発明の要約

本発明の研削砥石は、カップ状の台金の端面に砥粒をろう付けにより固着して砥粒層を構成した研削砥石であつて、台金の端面の略中央部に周方向に連続した溝を設け、前記端面の外周端の近傍と内周端の近傍および前記溝との境界の近傍の各領域を除く端面部分に、すべての砥粒に対して砥粒を保持するろう材層の裾野の長さが砥粒平均粒径の1倍以上となる条件で砥粒を固着したことを特徴とする。

台金の端面の略中央部に周方向に連続した溝を設けることによって、加工中に発生した切粉の排出能力を高めることができる。また、切粉が溝のなかに捕獲されることによって、切粉に起因するスクラッチの発生を防止することができる。ここで、溝の断面形状は、概略矩形状あるいは概略V字状とし、底部の角部には丸みをもたせることが好ましい。また、溝の大きさは、被研削材の材質および砥粒配置領域の広さにもよるが、溝の幅を切粉の長さよりも大きくすることが好ましく、溝の幅の数値範囲としては2~15mm程度が好ましい。

また、端面の外周端の近傍と内周端の近傍および溝との境界の近傍の各領域には砥粒を配置せず、これらの各領域を除く端面部分に、すべての砥粒に対して砥粒を保持するろう材層の裾野の長さが砥粒平均粒径の1倍以上となる条件で砥粒

を固着することによって、砥粒の周りをろう材層が取り囲むため砥粒保持力が向上し、加工中の砥粒の脱落を防止することができる。ここで、ろう材層の裾野の上に、砥粒の周りのろう材層の広がりの程度を示すもので、砥粒を配置する長さとは、砥粒の周りのろう材層の広がりの程度を示すもので、砥粒を配置する部分の最外周に配置される砥粒についていえば、図3の部分拡大図に示すように、砥粒12とろう材層17の接着境界点18からろう材層17の裾野の終点19までの水平距離Lを指すものとする。この裾野の長さが砥粒平均粒径より小さい部分があると、砥粒の保持力が不足して脱落しやすくなる。ろう材層の裾野の長さ分があると、砥粒の配置数が少くなり、個々の砥粒に対する負荷が大きくなるとともに、切れ粒の配置数が少くなり、個々の砥粒に対する負荷が大きくなるとともに、切れ味が低下するので、ろう材層の裾野の長さは砥粒粒径の3倍以内とするのが好ましい。

個々の砥粒の配置間隔は、砥粒平均粒径の2~3倍とするのが好ましい。このような間隔で砥粒を配置することにより、確実にチップポケットを確保することができ、万一砥粒が脱落しても、このチップポケットを通過して排出することができ、脱落砥粒に起因するスクラッチの発生を防止することができる。砥粒間隔が砥粒平均粒径の2倍より狭いと、脱落した砥粒が排出されにくくなり、砥粒間隔が砥粒平均粒径の3倍を超えて広くなると、被切削材の加工面粗さが粗くなるので好ましくない。

また、隣り合う砥粒の間のろう材層の最凹部のろう材厚みを、砥粒平均粒径の $1/3 \sim 1/2$ とするのが好ましい。砥粒間のろう材層の最小厚みが砥粒平均粒径の $1/3$ 未満であると砥粒保持力が小さくなり、 $1/2$ を超えるとチップポケットが小さくなるので、上記の範囲が好ましい。

台金の端面の略中央部に周方向に連続した溝を設けたことによって、砥粒層はこの溝の内周側領域と外周側領域に二分される。ここで、内周側領域と外周側領域とで砥粒の粒径や配置間隔を変えて、外周側領域を粗研削用、内周側領域を仕上げ研削用に機能分担させることもできる。この場合、内周側領域の砥粒先端高さを外周側領域の砥粒先端高さよりも高くすると、被切削材の加工面粗さを向上させることができる。また、内周側領域と外周側領域のそれぞれの外周寄りの部

分に傾斜面を形成すると、外周寄りの部分に配置された砥粒への負荷集中を軽減させることができる。

さらに、内周側領域の砥粒先端に平坦部を形成することができる。この砥粒先端の平坦部は、ダイヤモンドツルーアーによって砥粒先端部を切削除去することで形成することができ、ダイヤモンドツルーアーの総切込み量によって砥粒先端部の切削除去量および平坦部の面積を調節することができる。砥粒先端部の切削部の切削除去量は砥粒平均粒径の5~30%であることが好ましく、切削除去量をこの範囲内とすることによって、加工面粗さが顕著に向上する。切削除去量が砥粒平均粒径の5%未満であると面粗さ向上の効果が得られにくく、30%を超えると研削時の抵抗が大きくなり切れ味が低下する。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の実施形態に係る研削砥石を示す斜視図である。

図2は、研削砥石の刃先の砥粒層の拡大図である。

図3は、刃先部の拡大断面図である。

図4は、研削試験結果を示す図である。

図5は、研削試験結果を示す図である。

図6は、研削試験に用いた砥石の刃先部の構成を示す図である。

図7は、研削試験に用いた別の砥石の刃先部の構成を示す図である。

好適な実施例についての詳細な説明

以下、本発明の研削砥石を、その実施形態に基づいて説明する。

図1~図3に本発明の実施形態に係る研削砥石の構成を示す。

図1は本発明の実施形態に係る研削砥石を示す斜視図であり、図2はこの研削砥石の砥粒層の拡大図であり、図3は刃先部の拡大断面図である。

図1において、研削砥石10は、円筒状の台金11の端面に、ダイヤモンド砥粒12をろう付けにより固着して刃先部を形成してなるものである。

台金11は、全体形状が短い筒状をした鋼製の台金であり、底部中央部に加工機械の回転軸に取り付けるための取り付け用孔11aが設けられている。

図2、図3に示すように、台金11の端面11bには、砥粒12が整列して固定され、端面11bの略中央部には周方向に連続した断面V字状の溝13が設けられている。溝13を除く端面11bの、外周端14の近傍と内周端15の近傍においては、溝13との境界の近傍の各領域を除く端面部分に、すべての砥粒12に対して砥粒12を保持するろう材層の裾野の長さしが砥粒平均粒径の1倍以上として砥粒12を保持するろう材層のみを形成した領域16としたことが、砥粒脱落防止の観点から重要である。従来の研削砥石においては、端面の外周端の近傍と内周端の近傍にまで砥粒が配置されていたので、この砥粒のろう材層による砥粒保持力が不足となり、加工中に砥粒が脱落しやすかったのであるが、本実施形態の研削砥石10では、溝13の境界付近のみならず、端面11bの内周端14の近傍領域と外周端15の近傍領域にも砥粒12を配置しておらず、配置したすべての砥粒に対してはろう材層による十分な砥粒保持力が確保されているので、加工中に砥粒が脱落することが防止される。

[実施例1]

外径100mmのカップ状台金の端面に、図3に示す構成の刃先部を有する研削砥石（発明品1）を製作し、これと比較するために、同じ台金形状であって特開2001-79772号公報に記載の構成の刃先部を有する研削砥石（比較品1）を製作して、研削性能の比較試験を行った。

砥粒は、平均粒径400μmのダイヤモンド砥粒を用い、800μm間隔で規則配列した。固着材として活性金属を含有したろう材を用い、砥粒周りのろう材層の厚みを約200μmとした。

発明品1においては、台金端面の外周端の近傍と内周端の近傍および溝との境界の近傍の各領域で、砥粒を配置せず、ろう材のみの領域の幅を600μmとした。

上記の発明品1と比較品1の研削砥石について、研削条件を以下のようにして湿式研削を行った。

被研削材：アルミダイキャスト合金 ADC-14

研削機械：マシニングセンタ

主軸回転速度： 5000 min^{-1}

切込み： 0.3 mm/pass

送り速度： 2000 mm/min

以上の研削において、被研削材の面粗さが悪化するまでの加工面積を、発明品1と比較品1について調査した。その結果を、表1に示す。

表1

	消費電力	寿命（加工面積）	面粗さ R_z
発明品1	100	300	$3.5 \mu\text{m}$
比較品1	100	100	$10 \mu\text{m}$

表1において、消費電力と寿命は、比較品1の場合を100としたときの指標で表示している。

比較品1においては、台金の端面のコーナー部で砥粒の脱落が生じて、面粗さ R_z が $10 \mu\text{m}$ を超えたために、この時点で寿命とした。これに対し、発明品1では、加工面積が比較品1の3倍以上となっても、面粗さ R_z は $3.5 \mu\text{m}$ 以下を維持することができた。

この結果から、本発明の刃先の構成とすることで、砥粒の脱落によるスクラッチの発生を防止することができ、寿命が向上するとともに、面粗さを良好に保つことが可能であることが確認できた。

図4に、台金端面の外周端の近傍と内周端の近傍および溝との境界の近傍の各領域で砥粒を配置しない領域（以下、便宜的に緩衝層と称する）の幅を砥粒平均粒径の0倍から3倍までの範囲で変化させたときの、砥粒脱落比率と面粗さを示す。図4の横軸は、砥粒平均粒径に対して緩衝層の幅が何倍であるかを示す。図4からわかるように、砥粒を配置しない緩衝層の幅が砥粒平均粒径の1倍から3倍の範囲のときに、砥粒の脱落が著しく減少し、かつ良好な加工面粗さを維持している。

図5に、内周側領域の砥粒先端に平坦部を形成する際のツルーイング量（切削除去量）を変化させたときの、加工面粗さと研削機械の主軸負荷率を示す。図5

の横軸は、砥粒平均粒径に対するツルーイング量の割合を示す。

図5わかるように、ツルーイング量を砥粒平均粒径の5~30%とすることにより、良好な面粗さが得られるとともに、研削機械の主軸負荷率を軽減させることができる。

[実施例2]

外径100mmのカップ状台金の端面に、図6に示す構成の刃先部を有する研削砥石（発明品2）を製作し、これと比較するために、同じ台金形状であって特開2001-79772号公報に記載の構成の刃先部を有する研削砥石（比較品2）を製作して、研削性能の比較試験を行った。

発明品2においては、中央部の溝13は幅11mmの矩形断面の溝であり、幅5.5mmの内周側領域には細粒（平均粒径200μm）のダイヤモンド砥粒12を砥粒間隔600μm、砥粒周りのろう材厚み120μm、緩衝層幅350μmの条件で砥粒を配置し、さらに砥粒先端をツルーイングして平坦部を形成した仕上げ研削用とし、幅5.5mmの外周側領域には粗粒（平均粒径400μm）のダイヤモンド砥粒12を砥粒間隔900μm、砥粒周りのろう材厚み200μm、緩衝層幅900μmの条件で砥粒を配置して粗研削用とした。

上記の発明品2と比較品2の研削砥石について、被研削材をアルミダイキャスト合金と鋳鉄の複合材料とした以外は実施例1の研削条件と同じ条件で湿式研削を行った。

研削の結果は、比較品2では実施例1の比較品1と同様な結果であったが、発明品2では、砥粒の脱落は皆無となり、スクラッチの発生もなかった。また、加工時に発生した切粉は、中央の溝に捕獲されて切粉の噛み込みもなく、加工面粗さRzも3μm以下を達成した。

[実施例3]

外径100mmのカップ状台金の端面に、図7に示す構成の刃先部を有するCMP加工用ドレッサ（発明品3）を製作し、これと比較するために、同じ台金形状であって端面全面に砥粒を配置したCMP加工用ドレッサ（比較品3）を製作して、このドレッサで研磨パッドのドレッシングを行いながら半導体ウエハのCMP加工試験を行った。

発明品3においては、中央部の溝13は幅2mmの矩形断面の溝であり、内周側領域と外周側領域には平均粒径200μmのダイヤモンド砥粒12を砥粒間隔750μm、緩衝層幅300μmの条件で砥粒を配置した。

上記の発明品3と比較品3のドレッサをCMP加工機に取り付け、このドレッサで研磨パッドのドレッシングを行いながら、半導体ウエハのCMP加工を行った。加工条件は、ドレッサ回転速度：100min⁻¹、テーブル回転速度：100min⁻¹、加工荷重：44N、ウエハ寸法：40×40mm、加工時間：5時間である。

試験の結果は、比較品3では、ウエハ2枚加工時点で台金端面の外周端部で砥粒の脱落が発生し、ウエハ上にピックスクラッチが発生した。ピックスクラッチの発生は最初の30分間で4個、その後次第に減少して2～3時間目では30分間あたり1個、3時間を過ぎると発生はなくなった。これに対し発明品3では、砥粒の脱落は皆無で、ウエハにスクラッチの発生は全くなく、また安定した研磨パッド削れレートを示した。また、加工時に発生した切粉は、中央の溝に捕獲されて切粉の嗜み込みもなかった。

以上、現時点での発明の好適な実施例と考えられるものを記載したが、そこには様々な改良を行う可能性があることが理解されるべきであり、また添付した請求範囲は、本発明の真の本質ならびに範囲に含まれるような改良をすべて網羅することを意図するものである。

請求の範囲

1. カップ状の台金の端面に砥粒をろう付けにより固着して砥粒層を構成した研削砥石であって、台金の端面の略中央部に周方向に連続した溝を設け、前記端面の外周端と内周端および前記溝との境界の近傍の各領域を除く端面部分に、すべての砥粒に対して砥粒を保持するろう材層の裾野の長さが砥粒平均粒径の1倍以上となる条件で砥粒を固着したことを特徴とする研削砥石。
2. 前記溝によって二分される外周側領域を粗研削用とし、内周側領域を仕上げ研削用として、内周側領域と外周側領域とで砥粒の粒径と配置間隔のいずれかまたは両方を変えた請求項1記載の研削砥石。
3. 前記内周側領域の砥粒先端に平坦部を形成した請求項2記載の研削砥石。

要 約 書

カップ状の台金の端面にダイヤモンド砥粒をろう付けにより固着して刃先部を形成してなる研削砥石。台金の端面には、端面の略中央部に周方向に連続した溝が設けられ、端面の外周端近傍と内周端近傍および溝との境界の近傍の各領域を除く端面部分に、すべての砥粒に対して砥粒を保持するろう材層の裾野の長さが砥粒平均粒径の1倍以上となる条件で砥粒が固着されている。台金の端面に溝を設けることによって、加工中に発生した切粉の排出能力を高めることができ、また、切粉が溝のなかに捕獲されることによって、切粉に起因するスクラッチの発生を防止することができる。また、台金の端面に配置されるすべての砥粒に対してろう材層の裾野の長さを十分に確保することによって、砥粒の保持力が向上し、加工中の砥粒の脱落を防止することができる。